



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL VILLA MARIA

CARRERA ACADÉMICA

Carrera	ING. ELECTRÓNICA		
Asignatura	CONTROL NUMÉRICO	Nivel	6°
Departamento	ING. ELECTRÓNICA		
Plan de Estudios	1995	Régimen de cursado	Cuatrimstral
	Carga horaria semanal		4
	Carga horaria total de la asignatura		64
Área	Tecnologías Aplicadas		
Ciclo Académico	2026		
Regular Art. N°73	Doffo, Augusto Santiago	J.T.P.	Oliveros, Hugo.

PLANIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA

FUNDAMENTACIÓN DE LA ASIGNATURA

Tienden a complementar la formación del Ingeniero en electrónica en áreas de alto contenido electromecánico, como lo son las máquinas herramienta a control numérico computado, los servomecanismos y la robótica. El conocimiento de estos temas permitirá introducir el concepto de automatización de la producción, conocida como Manufactura Integrada por Computadora (CIM).

La materia Control Numérico es una de las materias electivas con que cuenta la Facultad Regional de Villa María de la Universidad Tecnológica Nacional, y la podemos articular horizontalmente junto con Control de Procesos entre las orientadas al control industrial.

El objetivo de esta materia es preparar a los alumnos para el ejercicio de las tareas que les tocará desarrollar en su actividad profesional, desde luego sin pretender desplazar la

En ella no se introducen conceptos teóricos fundamentales, su mirada apunta a aplicar dichos conceptos a los elementos que efectivamente se usan en las instalaciones de Control Numérico.

Los temas tratados no solo cumplen la función de introducirlos en los mismos, sino además de hacer de base para la especialización en futuras formaciones de posgrado en control industrial, automatización, control numérico, etc.

OBJETIVOS

Se pretende que al finalizar el curso el alumno haya logrado:

- Conocer los distintos tipos de máquinas herramientas a control numérico y las convencionales.
- Estructura de los CNC, partes, componentes, sistemas eléctricos, de control y de potencia.
- Conocer los fundamentos de la programación de máquinas con control de mecanismos lineales y angulares.
- Elementos de maniobra, control y potencia.
- Procesos industriales.
- Analizar la cinemática y dinámica de los sistemas de movimiento.
- Conocer las distintas formas de control utilizadas en CNC.
- Introducción a la programación en PLC para el control de ejes.
- Tecnología de integración para procesos con controles jerárquicos.
- Desarrollar los sistemas electrónicos asociados.
- Incorporar o integrar automatismos en procesos industriales.
- Analizar la cinemática y dinámica de robots utilizados en la industria.

CONTENIDOS

TIPOS DE CONTENIDO

Por ejes temáticos:

1.Introducción

- 1.1 Maquinas herramientas con arranque de viruta y tipos, tornos, fresas, alezadoras, centros de mecanizado.
- 1.2 Historia del CN (Control Numérico)
- 1.3 Aparición del CN
- 1.4Ámbito de aplicación del CN
- 1.5Ventajas del CN
- 1.6Clasificación de los Sistema de CN
- 1.7Control de posición punto a punto
- 1.8Control de contorno
- 1.9Lazo abierto y cerrado

2.Máquinas y herramientas convencionales

- 2.1 Simbología
 - 2.2Aparatos de maniobras
 - 2.2.1 Llaves y pulsadores
 - 2.2.2 Detectores de posición
 - 2.2.3 Sensores ópticos
 - 2.2.4 Rele-contactores
 - 2.3 Aparatos de potencia
 - 2.3.1 Interruptore- seccionadores
 - 2.3.2 Interruptor automático
 - 2.3.3 Térmico
 - 2.3.4 Guarda motor magnético térmico
 - 2.3.5 Contactor
 - 2.3.6 Solución 2 y 3 elementos
- 2.4 Motores
 - 2.4.1 Paso a paso
 - 2.4.1.1 Con imán permanente
 - 2.4.1.2 Con ferromagnético
 - 2.4.2 Corriente continua
 - 2.4.2.1 Estator electromagnético
 - 2.4.2.1.1Serie
 - 2.4.2.1.2 Paralelo
 - 2.4.2.1.3 Compuesto
 - 2.4.3 Corriente alternada
 - 2.4.3.1 Monofásico - trifásico
 - 2.4.3.2 Sincrónico – asincrónico
 - 2.4.3.3 Rotor jaula de ardilla
 - 2.4.3.4 Rotor bobinado
 - 2.4.3.3 Tres bornes
 - 2.4.3.4 Seis bornes
- 2.5 Diseño con contactores.
 - 2.5.1 Arranque parada
 - 2.5.2 Giro-inversión de giro

- 2.5.3 Arranque suave
- 2.6. Tipos de máquinas tradicionales
 - 2.6.1. Tonos paralelos
 - 2.6.2. Fresas.
 - 2.6.3. Maquinas con herramientas multifilos.

3. Sensores de posición, variadores de frecuencia y servos.

- 3.1 Traductores de posición y velocidad
 - 3.1.1 E Medición de la posición angular de un eje giratorio
 - Encoders. Absolutos, relativos, retentivos, conexiones.
 - Resolvers
 - Acoples
 - instalación
 - 3.1.2 Reglas potenciométricas.
 - 3.1.3 Encoders lineales
 - 3.1.4 Sensores inductivos, ópticos, láser y micro switch
 - 3.1.5 Aplicaciones de detectores en posicionamiento y detección de límites
 - 3.1.6 Protocolos de comunicación en sensores y actuadores
 - 3.1.7 Sensores ópticos.
 - 3.1.7.1 Sensores ópticos digitales: medición de distancia, tipos con espejo reflector, polarizados y no polarizados.
 - 3.1.7.2 Distancia de sensado y características de los materiales detectados.
- 3.2 Diagrama de bloques de un variador de velocidad para motores C.A.
- 3.3 Diagrama en bloque de CN
- 3.4 Planos varios

4. Maquinas herramientas con PLC

- 4.1 Introducción los PLCs y controladores de movimiento.
- 4.2 Estructura interna de un controlador: CPU, módulos de entrada/salida digitales y analógicos, interfaces de comunicación y memoria.
- 4.3 Funcionamiento básico: Ciclo de escaneo (lectura de entradas, ejecución del programa y actualización de salidas).
- 4.4 Presentación de productos y soluciones comerciales.
 - 4.4.1 Siemens, Schneider, Allen Bradley, Kuka, Fanuc.
- 4.5 Práctico de programación en PLC
 - 4.5.1 Programación Ladder.
 - 4.5.2 Ciclo de Scan, tipos de datos, variables, memoria, bloques OB, FC, FB, DB.
 - 4.5.3 Programación para control convencional de motores.
 - 4.5.4 Programación de ejes mediante bloques dedicados Motion.
 - 4.5.5 Simulaciones de ejes coordinados.
- 4.6 Practico de programación con TIA Portal.
- 4.7 **Interfaces Hombre-Máquina (HMI): Diseño, configuración y uso**
 - 4.7.1 Definición y propósito de las HMIs: Interfaces gráficas para la operación y monitoreo de sistemas CNC.
 - 4.7.2 Diseño de pantallas: Configuración de botones, gráficos, alarmas y

tendencias.

4.7.3 Comunicación con PLCs: Protocolos de comunicación (Modbus, Profinet, Ethernet/IP).

4.7.4 Ejemplos de aplicaciones: Visualización de parámetros de corte, control de ejes y alarmas en tiempo real.

5. Redes para sistemas de control de movimiento

5.1 Topologías de conexión:

Bus, estrella, anillo y malla: ventajas, desventajas y aplicaciones en sistemas industriales.

5.2 Ejemplos en sistemas CNC: integración de controladores, HMIs y sensores en una red industrial.

5.3 Protocolos de comunicación industrial:

MODBUS: Modbus RTU y Modbus TCP, configuración de esclavos y maestros, lectura/escritura de registros.

Profinet: Características, configuración de dispositivos, transferencia de datos en tiempo real.

Ethernet/IP: Aplicaciones en sistemas de control, configuración de nodos y parámetros.

5.4 Comparativa entre protocolos: velocidad, compatibilidad, facilidad de implementación y robustez.

6. Ejes controlados

6.1 Conceptos básicos: Interpolación, control de ejes y posicionamiento

6.1.1 Conceptos de interpolación lineal y circular en sistemas CNC.

6.1.2 Aplicaciones prácticas en el movimiento de herramientas.

6.1.3 Diferencia entre control monoeje y multieje.

6.1.4 Coordinación en sistemas multieje: sincronización y trayectorias precisas.

6.1.5 Principios de sistemas de referencia (absolutos y relativos).

6.1.6 Uso de encoders para determinar la posición.

6.2 Posición, velocidad, aceleración y torque

6.2.1 Posición: medición de desplazamiento a partir de un punto de referencia.

6.2.2 Velocidad: control y ajuste según las necesidades del sistema.

6.2.3 Aceleración/desaceleración: importancia en trayectorias suaves y en evitar sobrecarga de los componentes mecánicos.

6.2.4 Torque: relación con la fuerza aplicada y la carga de la máquina.

6.2.5 Sensores asociados para medir velocidad y posición.

6.2.6 Ajuste de aceleración/desaceleración en sistemas de control.

6.3 Control de posición punto a punto

6.3.1 Control de movimientos discreto para posicionamiento preciso.

6.3.2 Aplicaciones: herramientas de perforación, posicionamiento de piezas en una cinta transportadora.

7. Introducción al Código G: Estructura básica y comandos esenciales

7.1 Contenido enriquecido:

7.2 Estructura básica del código G:

7.2.1 Formato de un programa CNC: encabezado, cuerpo y finalización.

7.2.2 Bloques de código y su interpretación línea por línea.

7.3 Comandos esenciales:

7.3.1 Movimiento de ejes: G00 (rápido), G01 (lineal), G02/G03 (interpolación circular).

7.3.2 Configuración de referencia: G54, G90 (absoluto), G91 (incremental).

7.3.3 Control de herramienta: M03 (activación del husillo), M05 (parada del husillo), M30 (fin del programa).

7.3.4 Parámetros auxiliares: control de refrigeración, cambios de herramientas (Txx M06).

7.4 Interpretación de coordenadas:

7.4.1 Cartesiana absoluta vs incremental.

7.4.2 Velocidades de avance (F) y de husillo (S).

7.5 Normas ISO aplicadas al código G.

8. Introducción a la robótica

8.1 Clasificación según configuración mecánica:

8.1.1 Cartesianos: Movimientos lineales en los ejes X, Y y Z. Uso en corte láser y sistemas pick-and-place.

8.1.2 Cilíndricos: Movimiento rotacional en un eje y lineal en otros dos. Aplicaciones en soldadura y pintura.

8.1.3 Esféricos: Movimientos angulares y radiales, útiles para inspección y ensamblaje.

8.1.4 SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm): Para tareas de ensamblaje y manipulación rápida en planos horizontales.

8.1.5 Antropomórficos (articulados): Para tareas complejas como soldadura, paletizado y ensamblaje.

8.1.6 Delta y paralelos: Rápidos y precisos para tareas de pick-and-place.

8.1.7 Colaborativos (cobots): Trabajan junto a humanos de manera segura, ideales para tareas que combinan fuerza y delicadeza.

8.2 Cinemática Directa

8.2.1 Concepto y aplicación:

8.2.1 Descripción matemática del movimiento del efector final a partir de las articulaciones del robot.

8.2.2 Uso de matrices de transformación homogénea para describir posiciones y orientaciones.

8.3 Cinemática Inversa

8.3.1 Cálculo de las posiciones y ángulos de las articulaciones necesarias para que el efector final alcance una posición deseada.

8.3.2 Resolución de problemas de redundancia y limitaciones físicas.

9. Seguridad en máquinas CNC y celdas robóticas

9.1 Normativas y estándares de seguridad

9.1.1 Normas aplicadas a la seguridad de sistemas de control eléctricos.

9.2 Evaluación de riesgos

9.2.1 Identificación de peligros.

9.2.2 Análisis de riesgos y determinación de medidas de seguridad.

9.2.3 Niveles de Performance Level (PL) y Safety Integrity Level (SIL).

9.3 Dispositivos de seguridad en máquinas

9.3.1 Paradas de emergencia

9.3.2 Sensores y dispositivos de detección

9.3.3 Relés y controladores de seguridad

9.3.4 Dispositivos de bloqueo y control de accesos

9.3.5 Casos de estudio y aplicaciones prácticas

ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

Actividades teóricas:

Clases teórico-prácticas:

En cada clase se presentará el tema en cuestión y los materiales necesarios para el desarrollo del mismo.

Cada clase teórico-práctica tendrá una guía de trabajos prácticos que sirvan como soporte para lograr la transferencia de los conceptos utilizados hacia problemas de ingeniería en los que ellos podrán estar involucrados.

Actividades Prácticas:

Clases de laboratorio:

Estas incluyen la incorporación de conceptos, sin embargo, el énfasis de su desarrollo está puesto en el trabajo del alumno, desarrollando programación.

Se dividirán en grupos, cuya cantidad estará determinada por el número de alumnos y los instrumentos con que se cuente. Estos grupos deberán elaborar las soluciones a las situaciones que se planteen en la correspondiente guía de trabajos prácticos.

Una vez finalizada la tarea cada grupo presentará un informe.

Una determinada cantidad de estas clases serán utilizadas para la elaboración, por parte de los grupos de los trabajos.

Uno de ello es un trabajo de diseño de automatización con un PLC, éste será desarrollado en grupos y en condiciones de regularización.

Materiales curriculares (recursos):

Entre los recursos podemos citar los materiales, a saber:

- Dos PLC, un nanoautómata Telemecanique TWIDO de 13 entradas digitales, 8 salidas digitales.
- El otro PLC es un microautómata Telemecanique TSX-27, con su correspondiente cable de programación.
- Dos P.C disponibles para programar dichos autómatas.
- Software de supervisión y control P-CIM y Wonderware.
- Dos PLC Siemens S71214.
- Software TIA Portal, con simulador avanzado PLC SIM Advanced para la
- Simulación de control de movimiento. El espacio físico lo provee el laboratorio de electrónica de la Facultad regional Villa María de la UTN.

FORMACIÓN PRÁCTICA

Actividades a desarrollar:

La actividad se desarrolla del siguiente modo:

Tareas del cuerpo docente:

- Presentación del material teórico.
- Presentación de los esquemas de los TT PP.
- Guía para resolución de los TT PP y consultas.

Los alumnos deben realizar un programa intensivo de TT PP (ver contenidos) y búsqueda de información. El material didáctico está en línea en la red de la Facultad.

INSTANCIAS DE EVALUACIÓN

Régimen de Cursado: (Ordenanza 1.549)

Asistencia a Clases: Controlado por Bedelía.

Cursado: Obligatorio y sin vencimiento.

Régimen de Aprobación: (Ordenanza 1.549)

1- Aprobación Directa: No Rinde Evaluación Final (Nota promedio ≥ 8):

La Cátedra establece un régimen de **evaluación continua** consistente en:

- Una Carpeta de Trabajos Prácticos (individual).
- Un Trabajo Final (individual o grupal).
- Ejercicios prácticos y desarrollo de soluciones para situaciones Problemáticas.

Se **evaluará y calificará** cada una de estas instancias.

Se establece **tres (3) instancias de evaluación** (asignatura cuatrimestral).
Las **calificaciones de cada evaluación** se expresarán en **nº enteros**.
Los **promedios con decimales** se redondearán **al valor más próximo**.
La **calificación definitiva** será el promedio **redondeado**.
La **calificación definitiva mínima** se establece en **promedio ocho (8)**.

- 2- **Aprobación no directa:** Rinde evaluación final si la nota promedio es menor 8
- 3- **Desaprobación.** la nota promedio es menor 6

Para todo Alumno que, **sin alcanzar la Aprobación Directa, pero sí la calificación definitiva mínima, establecida en promedio seis (6).**

1 a 5 = Insuficiente
8 = Muy Bueno

6 = Aprobado
9 = Distinguido

7 = Bueno
10 = Sobresaliente

Resguardo de Exámenes:

Esta Cátedra guardará los exámenes por seis (6) meses.

En caso de que el Alumno lo solicite, se entregará una copia del examen.

Atención y orientación de los alumnos dentro y fuera del horario de clase.

- Habitual en horario de clases.
- Mediante encuentros coordinados con los alumnos en el laboratorio.
- Vía e-mail si correspondiera.
- Mediante la página Web del Dpto. Electrónica (Programas, material didáctico, etc)

- Escritos vinculados con la asignatura, guías de estudio, material didáctico, o cualquier otro recurso utilizado para la enseñanza.

- | | |
|---|--|
| -Guía de "Control Numérico" | -Apunte de Cátedra-Ing.Oliveros- |
| -Manual de Mecánica Industrial | Automatización y Robótica-Cultural SA- |
| -Manual y Catálogo del Electricista | -Grupo Schneider- |
| -Guía de Prácticos: P.L.C. | -CITEF-Grupo Schneider- |
| -Guía de Prácticos: CCM Inteligentes | -Expo L@B – Schneider- |
| -Guía de Prácticos: TGBT Inteligentes | -Expo L@B – Schneider- |
| -Control Numérico. | -Alique-Marcombo- |
| -Alrededor de las Máquinas-Herramientas. | -Gerling- |
| -Electrónica Industrial. | -Serie Mundo Electrónico- |
| Marcombo- | |
| -Sistema de Control Moderno. | -Ogata- |
| -Ingeniería de la Automatización Industrial | -Alfaomega Ra-Ma- |

Asignaturas o conocimientos con que se vincula:

Dentro del diseño curricular vigente, la materia CONTROL NUMÉRICO se articula con distintas asignaturas, siendo éstas de diversa índole. Partiendo de la formación básica y homogénea donde se aplican conocimientos de transformadas de Laplace(análisis de señales de sistemas), nociones de campo eléctrico y magnetismo y componentes asociados a ellos, capacidades e inductancias (Física II).

Las materias del área de electrónica ofrecen aportes fundamentales a los cimientos teóricos para las interpretaciones requeridas en la materia.

En técnicas digitales I y II se desarrollan los conocimientos referidos a las lógicas combinaciones y secuenciales.

Igualmente, importantes son los conocimientos sobre la estructura de buses, ya que no

permite aplicar el concepto a la comunicación de datos.

Importante es el número de actuadores de electromecánicos, fundamentalmente los motores eléctricos. De allí la gran importancia que Máquinas e Instalaciones Eléctricas tiene en el desarrollo de control.

Una materia fundamental en **Control Numérico** es Sistema de Control, de la cual la nuestra puede considerarse una continuación. En ella se estudian los fundamentos teóricos del control y su aplicación, también una introducción a una importante gama de sensores.

Fundamental resulta también Electrónica de Potencia, aporta saberes sobre control de la potencia dirigida hacia nuestros acondicionadores (es el caso del control de velocidad del motor de CC y CA, resistencias, etc).

En cuanto a la articulación horizontal esta materia lo hace solamente con la otra electiva de la misma rama (Control de Proceso), con la misma compartimos temas como autómatas programables, sensores todo o nada, sensores de posición. La articulación está diseñada para tratar temas comunes en forma conjunta, diseñando un trabajo final competente para ambas materias electivas de manera que sea acreditable por ambas.

Bibliografía:

Obligatoria o básica:

- INGENIERÍA DE LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL (Ramón Piedrafita Moreno)
- ALFAOMEGA- RA-MA) (2002).
- MANUAL de MECÁNICA INDUSTRIAL-AUTÓMATAS Y ROBÓTICA (Carrobbles-Rodríguez-Hernández). CULTURAL SA (2002).
- TEORÍA Y PROBLEMAS RESUELTOS EN PROGRAMACIÓN CONTROL NUMÉRICO (Alberto Cuesta Arranz)
- CONTROL NUMÉRICO Y PROGRAMACIÓN: Sistema de Fabricación de Máquinas CN (Francisco Cruz Terues)
- COMUNICACIONE INDUSTRIALES. (Vicenc Guerrero-Ramón Yuste-Luis Martínez)
- Manuales del CONTROL NUMÉRICO FANUC -COMPUTARIZADO (SCNC)
- Apunte de la Catedra "E-284 Electrónica Industrial" Departamento de Electrotecnia Facultad de Ingeniería-Universidad Nacional de La Plata.
- APUNTES DE CÁTEDRA. Guía de Control Numérico (Ing. Osvaldo Cervera-Ing. Hugo Oliveros)
- MANUALES-CATÁLOGOS-GUÍAS PRÁCTICAS (Grupos de Cursos-Seminarios-Educación)
- SCHNEIDER / SIEMENS.